

B4

**Device and method for the dynamic power control of a vehicle with fuel cell.****Patent number:** EP0633157**Publication date:** 1995-01-11**Inventor:** GAULHOFER ANDREAS (DE); NOREIKAT KARL-ERNST (DE); FLECK WOLFRAM (DE); LORENZ HELMUT (DE); SONNTAG JOSEF (DE); HORNBURG GERALD (DE); KLAIBER THOMAS (DE)**Applicant:** DAIMLER BENZ AG (DE)**Classification:**- **international:** B60L11/18; H01M8/04- **european:** B60L11/18R, H01M8/04C2**Application number:** EP19940109157 19940615**Priority number(s):** DE19934322765 19930708**Also published as:**

JP7075214 (A)



EP0633157 (B2)



EP0633157 (B1)



DE4322765 (C1)

**Cited documents:**

WO9307022



JP1248474

Abstract not available for EP0633157

Abstract of correspondent: **DE4322765**

The regulation system is used for an electric drive unit (17) supplied from a fuel cell (1) on board the vehicle, the power obtained from the fuel cell adjusted by regulating the oxidant mass flow rate.

Pref. a required power signal is supplied in dependence on the depression of the vehicle accelerator pedal, the corresponding mass flow rate compared with the actual mass flow rate via a regulating circuit, for correcting the detected difference between them.

**ADVANTAGE** - Provides optimal utilisation of available electrical power.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide





B4

R2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 94109157.1

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B60L 11/18, H01M 8/04

(22) Anmeldetag: 15.06.94

(30) Priorität: 08.07.93 DE 4322765

D-73733 Esslingen (DE)

Erfinder: Klaiber, Thomas

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
11.01.95 Patentblatt 95/02

Freitorstrasse 6

D-71384 Weinstadt (DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

Erfinder: Fleck, Wolfram

Panoramaweg 12

(71) Anmelder: DAIMLER-BENZ  
AKTIENGESELLSCHAFT  
Epplestrasse 225  
D-70567 Stuttgart (DE)

D-89155 Erbach (DE)

Erfinder: Sonntag, Josef

Vöhlinsstrasse 15

(72) Erfinder: Lorenz, Helmut  
Esslinger Strasse 9  
D-72669 Unterensingen (DE)  
Erfinder: Noreikat, Karl-Ernst  
Heidestrasse 1/2

D-89257 Illertissen (DE)

Erfinder: Hornburg, Gerald

Gänsackerweg 155

D-89275 Elchingen (DE)

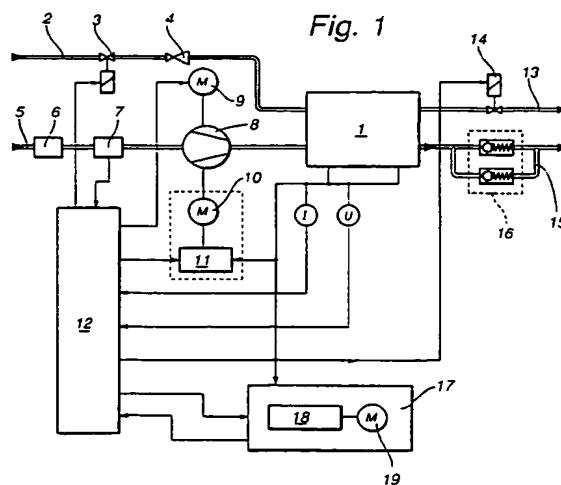
Erfinder: Gaulhofer, Andreas

Zur Öle 5

D-88682 Salem (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur dynamischen Leistungsregelung für ein Fahrzeug mit Brennstoffzelle.

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Leistung einer elektrischen Antriebseinheit in einem Fahrzeug, die von einer im Fahrzeug angeordneten Brennstoffzelle mit elektrischer Energie versorgt wird. Ausgehend von einer Leistungsanforderung, die aus der Fahrpedalstellung ermittelt wird, wird der Luftmassenstrom, der zur Bereitstellung dieser Sollleistung seitens der Brennstoffzelle benötigt wird, berechnet und durch eine Regelung der Drehzahl eines in der Luftansaugleitung angeordneten Kompressor eingestellt. Um zu verhindern, daß die Brennstoffzelle mehr elektrische Leistung produziert, als die Antriebseinheit aufnehmen kann, kann die Antriebseinheit durch Außen-  
den entsprechender Fehlermeldungen begrenzt auf die Leistungsanforderung einwirken. Auf der anderen Seite wird der Leistungs-Sollwert, der der Antriebseinheit zugeführt wird, derart korrigiert, daß nie mehr als die von der Brennstoffzelle momentan erzeugte Leistung durch die Antriebseinheit angefordert wird. Dadurch kann ein Zusammenbrechen der Brennstoffzelle verhindert werden.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren und einer Vorrichtung zur dynamischen Leistungsregelung für ein Fahrzeug mit Brennstoffzelle gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Aus einem Artikel von P. Agarwal in IEEE Transactions On Power Apparatus And Systems, 88 (1969) 2, S. 86-93 ist ein Fahrzeug bekannt, das von einem Elektromotor, der mit Hilfe von Brennstoffzellen mit elektrischer Energie versorgt wird, angetrieben wird. Zur Regelung der Leistung des Elektromotors und damit des Fahrzeugs wird vorgeschlagen, die von der Brennstoffzelle gelieferte feste Spannung mit Hilfe eines Spannungswandlers in Abhängigkeit von der Leistungsanforderung zu transformieren. Nachteilig bei diesem System ist der schlechte Wirkungsgrad im Teillastbereich.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit dem die Leistung eines Fahrzeugs mit Brennstoffzelle dynamisch und unter optimaler Ausnützung der erzeugten elektrischen Energie geregelt werden kann.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Vorteile und Ausgestaltungen gehen aus den Unteransprüchen und der Beschreibung hervor.

Durch die Regelung der Fahrzeugeistung anhand des Oxydant-Massenstroms wird gewährleistet, daß unter allen Betriebsbedingungen die gesamte von der Brennstoffzelle bereitgestellte elektrische Energie der Antriebseinheit zugeführt und somit die eingesetzte Energie optimal genutzt wird. Zu diesem Zweck kann auch vorgesehen werden, daß der vorgegebene Leistungs-Sollwert in Abhängigkeit von Betriebsparametern begrenzt wird. Dadurch kann verhindert werden, daß die Brennstoffzelle mehr elektrische Energie erzeugt, als die Antriebseinheit momentan, beispielsweise wegen Überlastung, aufnehmen kann. Um zu verhindern, daß von der Antriebseinheit mehr elektrische Leistung angefordert wird, als die Brennstoffzelle momentan liefert, muß auf der anderen Seite natürlich auch der vom Fahrer an die Antriebseinheit übermittelte Sollwert korrigiert, beziehungsweise begrenzt werden. Die Anordnung eines Kompressors mit einstellbarer Drehzahl in der Oxydant-Ansaugleitung stellt eine einfache Möglichkeit für die Regelung des Oxydant-Massenstroms dar.

Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines in einem Fahrzeug angeordneten Brennstoffzellen-Systems und

Fig. 2 einen Strukturplan eines erfindungsge-mäßen Verfahrens zur Leistungsregelung einer in einem Fahrzeug angeordneten Brennstoffzelle zeigt.

Der in Fig. 1 insgesamt mit 1 bezeichneten Brennstoffzelle wird über eine erste Zuleitung 2, in der ein Ventil 3 und ein Druckregler 4 angeordnet sind, ein Brennmittel, beispielsweise Wasserstoffgas, zugeführt. Über eine zweite Zuleitung 5, in der ein Luftfilter 6, ein Luftmassenmesser 7 und ein Kompressor 8 angeordnet sind, wird der Brennstoffzelle 1 außerdem ein Oxydant, vorzugsweise Sauerstoff oder Umggebungsluft, zugeführt. In der Brennstoffzelle 1 wird der Brennstoff an der Anode oxydiert, das Oxydant wird an der Kathode reduziert. Bei dieser elektrochemischen Reaktion entsteht zwischen den beiden Elektroden eine Spannung. Durch Parallel- beziehungsweise Hintereinanderschaltung vieler solcher Zellen zu einem sogenannten Stack können Spannungen und Stromstärken erreicht werden, die zum Antrieb eines Fahrzeugs ausreichen.

Zum Antrieb des Kompressors 8 ist ein Anlassermotor 9 und ein Elektromotor 10 vorgesehen. Zum Start der Brennstoffzelle 1 wird der Anlassermotor 9 von einer nicht dargestellten 12V-Starter-Batterie mit Strom versorgt. Während des Normalbetriebs wird die zum Betrieb des Elektromotors 10 benötigte elektrische Energie dann von der Brennstoffzelle 1 selbst geliefert. Mit Hilfe eines Stromstellers 11, der von einer Steuereinheit 12 angesteuert wird, kann die Drehzahl n des Elektromotors 10 und somit auch des Kompressors 8 geregelt werden. Über die Drehzahl n des Kompressors 8 kann der Oxydant-Massenstrom  $\dot{m}_{ist}$  und damit die Leistung  $p_BZ$  der Brennstoffzelle 1 beeinflußt werden.

Das Abführen der Luft aus der Brennstoffzelle 1 erfolgt über eine erste Abström-Leitung 15. In dieser ersten Abström-Leitung 15 ist ein Druckregelventil 16 angeordnet, mit dessen Hilfe in der Brennstoffzelle 1 ein konstanter Betriebsdruck p aufrechterhalten wird. Um eventuelle Ablagerungen oder Verunreinigungen des Wasserstoffgases aus der Brennstoffzelle 1 entfernen zu können ist eine zweite Abström-Leitung 13, in der ein sogenanntes Purge-Ventil 14 angeordnet ist, vorgesehen. Zum Antrieb des Fahrzeugs ist eine Antriebseinheit 17, bestehend aus einem zweiten Stromsteller 18 und einem Elektromotor 19, vorgesehen.

Die Steuereinheit 12 erhält über elektrische Leitungen Informationen über den momentanen Istwert  $\dot{m}_{ist}$  des Luftmassenstroms, den Betriebszustand der Antriebseinheit und über die von der Brennstoffzelle 1 erzeugte Spannung U und den entsprechenden Strom I. Diese Informationen werden in der Steuereinheit 12 verarbeitet und daraus Stellsignale für die Stromsteller 11 und 18, die Ventile 3 und 14 und den Anlassermotor 9 erzeugt, die wiederum über entsprechende Leitungen an die einzelnen Komponenten übermittelt werden.

Nachfolgend ist anhand der Fig. 2 ein Verfahren zur dynamischen Leistungsregelung für Brennstoffzellen in Fahrzeugen beschrieben. Hierbei wird aus der Fahrpedalstellung FP, über die der Fahrer sein Leistungswunsch anfordern kann, zum einen die Leistung der Brennstoffzelle 1 über eine Regelung des Luftmassenstroms  $\dot{m}_{ist}$  gesteuert und zum anderen die maximale elektrische Leistung  $P_{max}$ , die der Brennstoffzelle 1 für die Antriebseinheit 17 entzogen werden kann, berechnet. Die Leistung  $P_{max}$  ergibt sich dabei aus der Differenz zwischen der von der Brennstoffzelle 1 momentan erzeugten Leistung  $p_{BZ}$  und der für die Zusatzaggregate benötigten Leistung  $p_{ZA}$ .

In Block 20 wird aus der Fahrpedalstellung FP über ein Kennfeld die vom Fahrer angeforderte Leistung  $P_{soll}$  ermittelt. Um zu verhindern, daß die Brennstoffzelle 1 mehr elektrische Leistung  $p_{BZ}$  produziert, als die Antriebseinheit 17 momentan aufnehmen kann, wird in Block 21 bei Vorliegen entsprechender Fehlermeldungen der Antriebseinheit 17 der Leistungs-Sollwert  $p_{soll}$  begrenzt. Anschließend wird in Block 22 anhand eines weiteren Kennfeldes aus dem Leistungs-Sollwert  $p_{soll}$  ein Sollwert für den benötigten Luftmassenstrom  $\dot{m}_{soll}$  ermittelt. In der Vergleichsstelle 23 wird dann der Sollwert für den Luftmassenstrom  $\dot{m}_{soll}$  mit dem zugehörigen Istwert  $\dot{m}_{ist}$ , der mit Hilfe eines Hitzdraht-Luftmassenmessers 7 gemessen wird, verglichen. Das Vergleichsergebnis wird einem PI-Regler 24 zugeführt, mit dessen Hilfe die Differenz  $\Delta\dot{m}$  zwischen dem Sollwert  $\dot{m}_{soll}$  und dem Istwert  $\dot{m}_{ist}$  für den Luftmassenstrom auf Null geregelt wird. Aus dem neuen Wert für den Luftmassenstrom wird dann in Block 25 anhand einer weiteren Kennlinie die Drehzahl n ermittelt, bei der der Kompressor 8 den entsprechenden Luftmassenstrom liefert. Diese Drehzahl n wird dann anschließend mittels eines Leistungsstellers 11 am Kompressor 8 eingestellt.

Um zu verhindern, daß die Antriebseinheit 17 mehr Leistung von der Brennstoffzelle 1 anfordert, als diese momentan liefern kann, wird der Antriebseinheit 17 nicht die im Block 20 aus der Fahrpedalstellung FP ermittelte Leistungsanforderung  $P_{soll}$  zugeführt, sondern ein korrigierter Leistungswert  $P_{korr}$ . Dieser korrigierte Leistungs-Sollwert  $P_{korr}$  wird in den Blöcken 28 und 29 ermittelt. Und zwar wird in Block 28 aus dem tatsächlich gemessenen Luftmassenstrom  $\dot{m}_{ist}$  anhand einer Kennlinie die tatsächliche Leistung  $p_{max}$ , die die Brennstoffzelle 1 bei diesem Luftmassenstrom  $\dot{m}_{ist}$  abgeben kann, ermittelt. Dabei wird das Kennfeld so gewählt, daß die tatsächliche Leistung  $p_{max}$  soweit unter der maximalen Leistung der Brennstoffzelle  $p_{BZ}$  liegt, daß ein Zusammenbrechen der Brennstoffzelle 1 sicher verhindert werden kann. Entsprechend wird in Block 29 mit Hilfe eines Kennfeldes aus der

Temperatur T der Brennstoffzelle 1 die tatsächlich lieferbare elektrische Leistung  $p_T$  ermittelt. Die in den Blöcken 28 und 29 ermittelten tatsächlich lieferbaren Leistungen  $p_{max}$  und  $p_T$  werden miteinander verglichen und der niedrigere Wert der Antriebseinheit 17 als korrigierter Leistungs-Sollwert  $P_{korr}$  zugeführt.

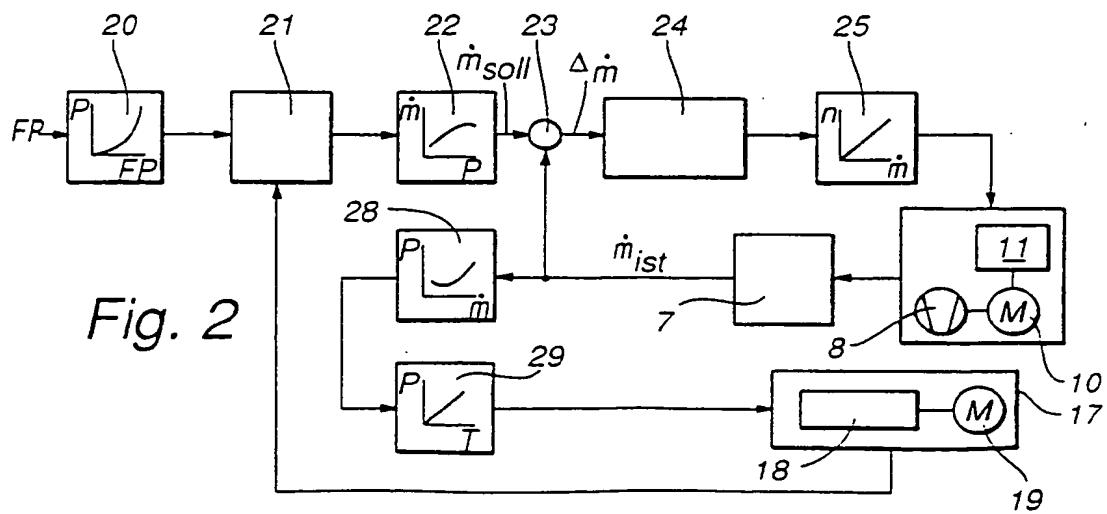
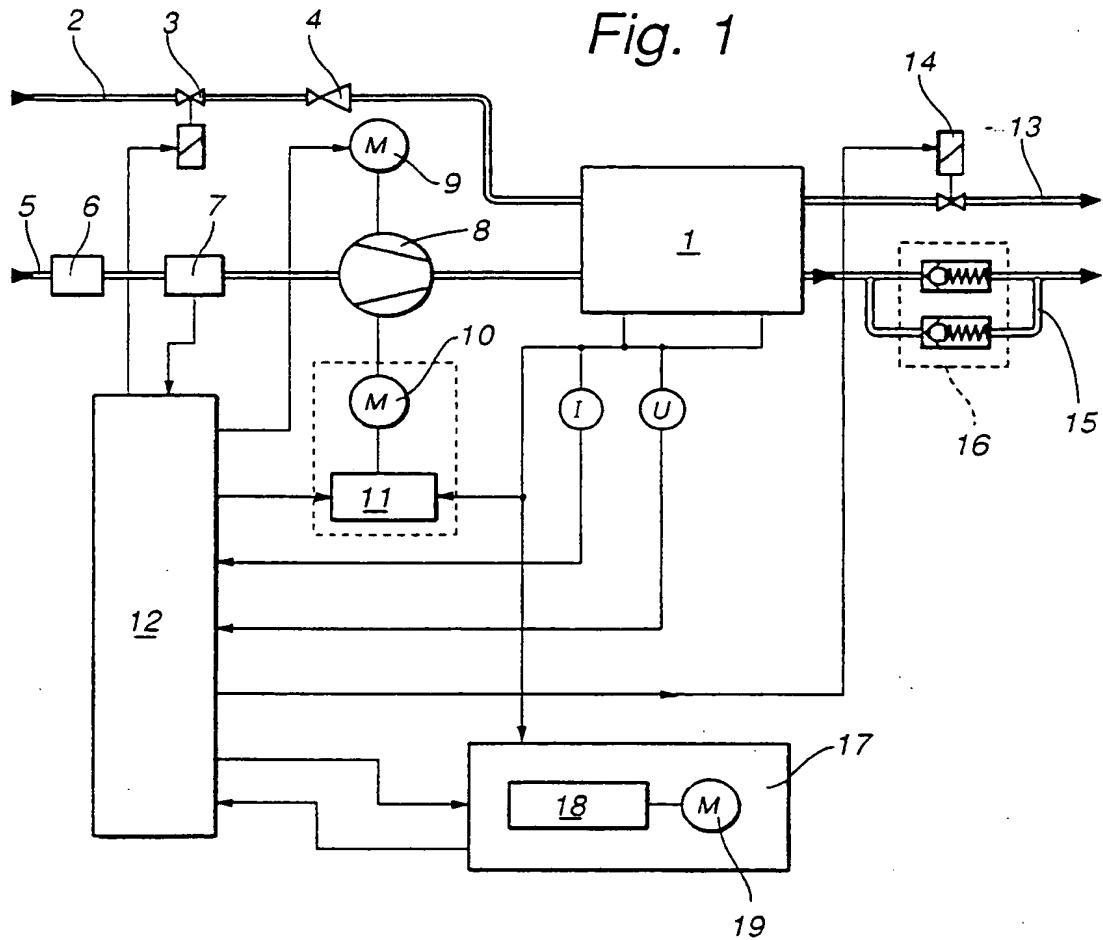
Das Verfahren arbeitet prinzipiell also so, daß in der Brennstoffzelle 1 immer gerade die zum Bereitstellen der vom Fahrer angeforderten Fahrleistung  $p_{soll}$  erforderliche elektrische Leistung erzeugt wird. Die Leistung  $p_{BZ}$  der Brennstoffzelle 1 wird hierbei durch eine Regelung der Kompressor-Drehzahl n und damit des Luftmassenstroms  $\dot{m}_{ist}$  erreicht. Zusätzlich sind aber noch zwei Sicherungen in das Verfahren eingebaut. Zum einen wird durch eine Begrenzung der angeforderten Leistung  $p_{soll}$  in Block 21 verhindert, daß die Brennstoffzelle 1 mehr elektrische Leistung erzeugt, als die Antriebseinheit 17 momentan aufnehmen kann. Beispielsweise sendet die Antriebseinheit 17 bei Überhitzung, bei Überdrehzahlen oder beim Auftreten von anderen Funktionsstörungen entsprechende Fehlersignale an den Block 21.

Zum anderen verhindert die Korrektur der angeforderten Leistung in Block 28 und 29, daß die Antriebseinheit 17 mehr Leistung aufnimmt, als die Brennstoffzelle 1 momentan liefern kann. Um ein Zusammenbrechen der Brennstoffzelle 1 zu verhindern wird der Antriebseinheit 17 also gegebenenfalls eine reduzierte Leistungsanforderung  $p_{korr}$  vorgetauscht. Dieser Fall tritt vor allem bei einem schlagartigen Niederdrücken des Fahrpedals auf. Die Brennstoffzelle 1 kann in diesem Fall nicht sofort soviel elektrische Leistung liefern, wie die Antriebseinheit 17 zum Bereitstellen der angeforderten Fahrleistung  $p_{soll}$  benötigen würde. In der verbleibenden Zeit, bis die Brennstoffzelle 1 die geforderte Leistung  $p_{soll}$  liefern kann, wird der Antriebseinheit 17 ein Fahrerwunsch  $p_{korr}$  vorgetauscht, der der momentan maximal lieferbaren Leistung  $p_{max}$  entspricht. Die Antriebseinheit 17 wird dadurch immer entlang der maximal lieferbaren elektrischen Leistung  $p_{max}$  an die tatsächlich vom Fahrer gewünschte Leistung  $p_{soll}$  herangeführt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur dynamischen Regelung der Leistung einer elektrischen Antriebseinheit eines Fahrzeugs, die von einer im Fahrzeug angeordneten Brennstoffzelle mit elektrischer Energie versorgt wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der elektrischen Antriebseinheit (17) jeweils die maximal von der Brennstoffzelle (1) zur Verfügung gestellte elektrische Leistung ( $p_{max}$ ) zugeführt wird und daß die von der

- Brennstoffzelle (1) erzeugte Leistung ( $p_{BZ}$ ) durch Regelung des Oxydant-Massenstroms ( $\dot{m}_{ist}$ ) eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1;  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß aus der Fahrpedalstellung (FP) ein Leistungs-Sollwert ( $p_{soil}$ ) ermittelt wird, daß der Oxydant-Massenstrom ( $\dot{m}_{soil}$ ), den die Brennstoffzelle (1) zur Erzeugung des Leistungs-Sollwertes ( $p_{soil}$ ) benötigt, ermittelt und einer Vergleichsstelle (23) eines Regelkreises als Sollwert zugeführt wird, daß der momentan strömende Oxydant-Massenstrom ( $\dot{m}_{ist}$ ) ermittelt und der Vergleichsstelle (23) des Regelkreises als Istwert zugeführt wird, und daß die Vergleichsstelle (23) aus der Differenz zwischen dem Massenstrom-Sollwert ( $\dot{m}_{soil}$ ) und dem Massenstrom-Istwert ( $\dot{m}_{ist}$ ) einen Differenzmassenstrom ( $\Delta\dot{m}$ ) bestimmt, der auf Null regelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß der Oxydant-Massenstrom ( $\dot{m}_{ist}$ ) durch Steuerung der Drehzahl (n) eines in der zweiten Zuleitung (5) angeordneten Kompressors (8) geregelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß der Brennstoffzelle (1) über die zweite Zuleitung (5) Umgebungsluft als Oxydant bereitgestellt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß der aus der Fahrpedalstellung (FP) ermittelte Leistungs-Sollwert ( $p_{soil}$ ) in Abhängigkeit von Betriebsparametern begrenzt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß der Antriebseinheit (17) ein korrigierter Leistungs-Sollwert ( $p_{korr}$ ), der aus dem Istwert ( $\dot{m}_{ist}$ ) des Luftmassenstroms ermittelt wird, bereitgestellt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß der korrigierte Leistungs-Sollwert ( $p_{korr}$ ) in Abhängigkeit von Betriebsparametern ermittelt wird.
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, wobei der Brennstoffzelle (1) über eine erste Zuleitung (2) Brennmittel und über eine zweite Zuleitung (5) Umgebungsluft zugeführt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß in der zweiten Zuleitung (5) ein Kompressor (8) mit einstellbarer Drehzahl (n) angeordnet ist.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 10 9157

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE									
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)						
D, A	IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, Bd.PAS-88, Nr.2, Februar 1969 Seiten 86 - 93 P. AGARWAL 'The GM High-Performance Induction Motor Drive System' * das ganze Dokument * ---	1	B60L11/18 H01M8/04						
A	WO-A-93 07022 (MANNESMANN AG) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	1							
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 594 (E-867) 27. Dezember 1989 & JP-A-01 248 474 (HITACHI LTD) 4. Oktober 1989 * Zusammenfassung *	1							
RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)									
B60L H01M									
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchesort</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 33%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>2. September 1994</td> <td>Beyer, F</td> </tr> </table> <p><b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b></p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : nichtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus andern Gründen angeführtes Dokument  &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>				Recherchesort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	DEN HAAG	2. September 1994	Beyer, F
Recherchesort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer							
DEN HAAG	2. September 1994	Beyer, F							